

ОСОБЛИВОСТІ РАДІОЧАСТОТНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ В SDR СИСТЕМАХ

Ільченко М.Ю., Кайденко М.М.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: kkk610@ukr.net

FEATURES OF RF FILTERING IN SDR SYSTEMS

This article presents the features of RF filtering in modern SDR systems. The relationship between the structure of building RF filters and the types of antenna systems used is shown. Variants of constructing RF filters for cognitive radio are proposed.

Програмно-визначувані радіосистеми (Software-defined radio - SDR) поєднують в собі передові технології для забезпечення гнучкості при створенні радіосистем. До цих технологій відносяться широкосмугові технології, радіочастотні компоненти, програмовані радіочастотні компоненти, технології цифрової обробки сигналів, аналогово-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі, синтезатори частоти, технології побудови системи на кристалі, технології обробки інформації.

Стрімкий розвиток технології SDR пов'язаний в першу чергу з появою високоефективних, високоінтегрований радіочастотний трансиверів, призначених для використання в системах зв'язку «точка-точка», фемто/піко/мікро базових станціях 3G та 4G і радіосистемах загального призначення, зокрема трансиверів, описаних в [1,2].

Сучасні SDR трансивери мають в своєму складі інтегровані засоби фільтрації побічних каналів прийому приймачів та позасмугових випромінювань передавачів, які є програмованим і забезпечують більш ніж достатній рівень фільтрації. Однак, не зважаючи на наявність таких фільтрів, необхідність в використанні радіочастотних засобів фільтрації визначається в першу чергу наступними чинниками:

- вплив потужного сигналу передавача на вхід приймача в режимі частотного дуплексу (FDD) потребує встановлення фільтру-диплексера (в режимі TDD він не потрібен);
- не залежно від режиму дуплексу на вхід приймача може діяти потужна завада від близько розташованих радіозасобів, потужність якої на вході може перевищувати допустимий рівень, що може призвести до введення приймача в режим нелінійного насичення.

Використання радіочастотних засобів фільтрації і їх характеристики визначаються призначенням SDR системи. Для систем, які працюють у відповідності до стандартизованих протоколів зв'язку (GSM, CDMA, WCDMA, 4G LTE, WiFi) можуть бути використані стандартні діапазонні радіочастотні фільтри, розроблені для використання в таких системах. У випадку використання SDR трансиверів для побудови когнітивного радіо для цих систем також не виникає особливих проблем при використанні, оскільки в

таких системах найчастіше використовуються “кратні” діапазони частот, або діапазони близькі до кратних, що може дозволити використовувати властивості мікросмужкових фільтрів СВЧ, наприклад на основі чвертьхвильових резонаторів з розподіленими параметрами, які мають “паразитні” смуги пропускання на частотах, що кратні основній гармоніці [3].

У випадку когнітивного радіо, орієнтованого на використання широких смуг частот, можливості якого закладені в сучасних SDR трансиверах, виникає необхідність в використанні широкосмугових фільтрів, або фільтрів зі змінною смугою пропускання в широкому діапазоні частот (змінною центральною частотою смуги пропускання). Розробці мікросмужкових фільтрів, в тому числі і з релюльованими параметрами автори приділяють велику увагу, що відображено наприклад в роботах [4,5]. Найкращим варіантом перекриття широкої смуги частот SDR системою є комбінація побудови SDR трансивера та широкосмугових фільтрів з використанням багатоканальних перепрограмованих вхідного тракту приймача та вихідного тракту передавача.

Побудова радіочастотної фільтрації SDR системи напряму залежить від того, яким чином будується антенна система. В документах та рекомендаціях SDR форуму цьому напрямку присвячується особлива увага, зокрема в роботі [6] визначається таксономія (систематика) відносно структури побудови антенних систем базових станцій, побудованих на базі SDR. Вона може бути поширена і на інші безпроводові системи, в яких використовується робота в більш ніж одному діапазоні частот та технологія SDR. На рис. 1 показано таку систематику і її типи.

Виділяються чотири типи антенних систем. Найпростішим є тип I, в якому використовується одиночна антена, при цьому система фільтрації буде традиційною.

Типи II та III відносяться до використання масивів антенних систем, при цьому тип II передбачає вибір антенної системи з формуванням діаграми спрямованості безпосередньо на радіочастоті (радіочастотна обробка). При цьому передбачається використання антенних систем з фіксованими, комутованими та скануючими діаграмами спрямованості.

На відміну від типу II в типі III діаграма приймальна діаграма спрямованості формується шляхом цифрової обробки в основній смузі частот. Перевага полягає в тому, що може бути сформована практично люба кількість приймальних пучків, які можуть скануватись індивідуально і не повинні бути ортогональними. Однак для передачі діаграма спрямованості повинна формуватись на радіочастоті, або на проміжній частоті таким же чином, як і для типу II. Характеристики передавальної діаграми спрямованості можуть бути оптимізовані на основі інформації, отриманої в результаті цифрової обробки на прийомі в основній смузі частот. Цей тип має властивість бути повністю адаптованим для прийому та високо адаптованим для передачі.

Тип IV передбачає комбінування та вибір (MIMO системи). При цьому часове, просторове, частотне та поляризаційне рознесення використовується в системній обробці в основній смузі частот для покращення якості прийнятого сигналу. Може застосовуватись до любого з типів антенних систем.

Застосовується при прийомі в основній смузі частот та використовується для мінімізації ефектів завмирань внаслідок багатопроменевості. Алгоритми обробки в приймачі використовуються для визначення оптимальних налаштувань антенної системи передавача.

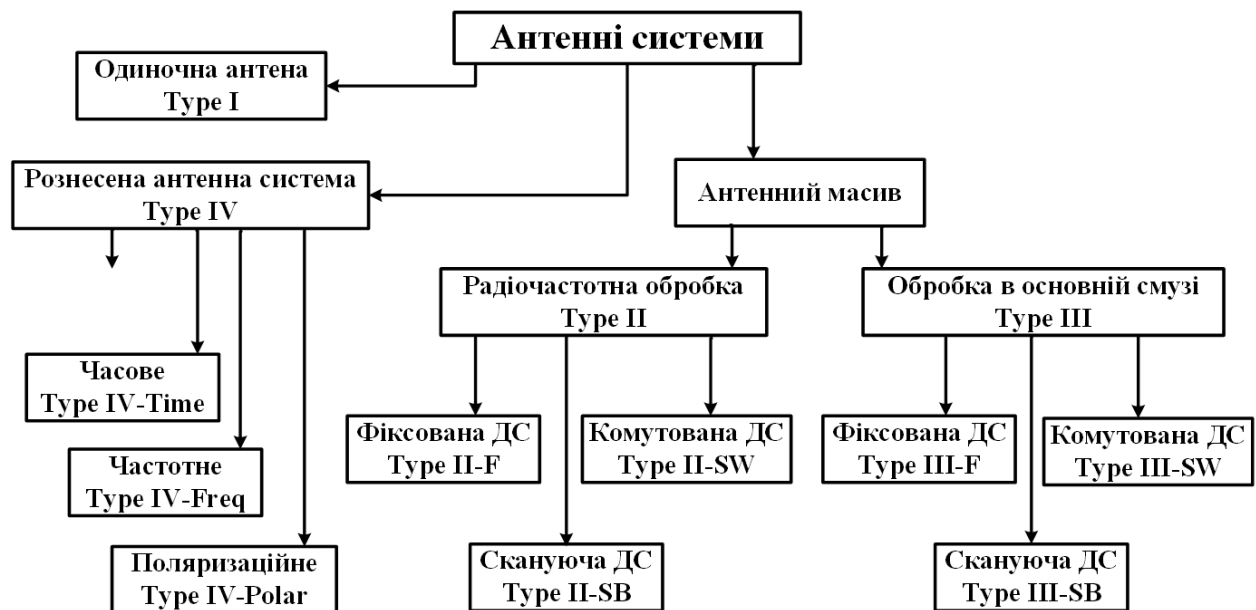


Рис.1. Систематика типів антенних систем програмно-визначуваних радіосистем

Відповідно до типу використаного при побудові антенної системи, смуги робочих частот та кількості діапазонів застосовуються різні схеми побудови системи фільтрації, в основі якої лежать окремі радіочастотні фільтри, об'єднані в єдину систему радіочастотної фільтрації з фіксованими параметрами, комутованими або програмно переналаштовуваними.

Література

1. RF Agile Transceiver. AD9361. Data Sheet. - Режим доступу: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD9361.pdf>
2. Integrated, Dual RF Transceiver. AD9371. Data Sheet. Режим доступу: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD9371.pdf>
3. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи: В 2-х т. / Пер. с англ. под ред. Л.В. Алексеева и Ф.В. Кушнера. - М.: Связь, 1972, - 1 т. 222 с., - 2 т. 249 с.
4. A.V. Zakharov, M.Ye. Ilchenko Varicap-tuned narrowband filters with extended rejection band based on U-shaped microstrip resonators. Radioelectronics and Communications Systems. 2017. Vol. 60, No. 9, pp. 383-392. DOI: 10.3103/S0735272717090011.
5. A. Zakharov, S. Rozenko, and M. Ilchenko, "Varactor-Tuned Microstrip Bandpass Filter with Loop Hairpin and Comblne Resonators," IEEE Trans. Circuits Syst. II, Exp. Briefs. Published 1.10.2018. DOI: 10.1109/TCSII.2018.2873227.
6. Software Defined Radio Forum. Base Station Working Group. Base Station System Structure. Document No. SDRF-01-P-0006-V2.0.0 — Режим доступу: http://www.sdrforum.org/pages/documentLibrary/documents/SDRF-01-P-0006-V2_0_0_BaseStation_Systems.pdf